心理科学进展 2021, Vol. 29, No. 4, 652–664
Advances in Psychological Science
https://dx.doi.org/10.3724/SP.J.1042.2021.00652

工作记忆中的积极效应：情绪效价与任务相关性的影响*

丁琳洁[1] 李 旭[1] 尹述飞[2]

([1]华中师范大学心理学院, 武汉 430079) ([2]湖北大学教育学院心理学系, 武汉 430062)

摘 要 积极效应指相比于年轻人，老年人更倾向于优先加工积极情绪刺激而非消极情绪刺激。近年来工作记忆的研究发现积极效应会受到情绪效价与任务相关性的影响：情绪效价作为任务相关属性的研究支持工作记忆中存在积极效应，具体表现为老年人对积极情绪刺激记忆的增强，以及对消极情绪刺激记忆的减弱；情绪效价作为工作记忆任务无关属性的研究相对较少，且未发现一致的积极效应，提示情绪效价及任务相关性均为影响工作记忆积极效应的关键因素。脑成像的研究初步表明，工作记忆中情绪加工上的年龄效应与背侧执行系统和腹侧情绪系统的随龄功能变化有关。社会情绪选择理论与双竞争模型对工作记忆中的积极效应具备较大的解释力，而动态整合理论尚缺乏实证研究支持。未来研究可进一步探究老年人工作记忆不同阶段情绪加工的特点，澄清不同情绪材料内在编码过程上的差异对积极效应发生机制的潜在影响，探讨情绪效价及任务相关性影响工作记忆积极效应的关键神经环路，并揭示情绪工作记忆训练提升老年人认知功能与情绪体验的内在机制及其潜在应用价值。

关键词 工作记忆，积极效应，任务相关属性，任务无关属性，情绪效价

分类号 B844.4

1 引言

情绪与认知交互的研究发现，老年个体更倾向于获取和加工具有积极情绪特征的刺激，这一现象被称为积极效应(positivity effect) (Carstensen & Mikels, 2005)，目前已有大量实证研究探讨了注意与记忆领域的积极效应及其机制(English & Carstensen, 2015; Gronchi et al., 2018; Mammarella et al., 2016; 龚先旻, 王大华, 2012; 刘海宁 等, 2019)。近年来对积极效应的考察拓展到工作记忆这一核心认知功能上，尽管使用中性材料的研究均发现工作记忆表现出随增龄下降的特点(Brockmole & Logie, 2013; Lugtmeijer et al., 2019)，但采用情绪刺激材料的研究却发现情绪刺激，特别是积极情绪刺激能够提高老年人的记忆成绩，提示积极效应也表现在工作记忆领域，目前这一现象已引起了研究者们极大的关注和讨论。

2 工作记忆中积极效应的发现

工作记忆负责对信息进行同时性的存储和加工，与其他高级认知功能，如执行功能、抑制功能和液态智力等关系密切，并且与个体在问题解决和阅读等日常活动中的表现呈正相关(Peng et al., 2018; Swanson & Fung, 2016)。Mikels 等人(2005)首次发现了工作记忆中的情绪效应，研究要求被试完成情感保持任务和亮度保持任务，在情感保持任务中被试需判断依次呈现的两张情绪图片的情绪强度是否相同，亮度保持任务则要求被试比较依次呈现的两张中性图片的亮度是否相同。结果发现，在亮度保持任务上老年被试的正确率显著低于年轻被试，在情感保持任务上两组被试的成绩差异不显著，提示相比于中性任务下的工作记忆年老化现象，当记忆材料为情绪刺激时，老年人的工作记忆功能未表现出显著下降。另外，使用延迟匹配任务范式的研究也发现，当要求被试对面孔身份进行记忆和判断时，老年被试的正确率显著低于年轻被试，而当要求被试对面孔情

收稿日期：2020-05-09

* 国家自然科学基金青年基金(31700957)和教育部人文社会科学研究青年项目(17YJC190014)资助。

通信作者：李旭, E-mail: xuli@ccnu.edu.cn

绪进行记忆和判断时，两组被试间的正确率差异不显著，表明情绪材料可减缓老年人工作记忆表现的下降(Hartley et al., 2015)。

随着对情绪效价影响老年人工作记忆功能研究的进一步深入，研究者们却报告了不一致的结果。有研究发现了老年人工作记忆中存在积极效应的证据，即相较于中性或消极情绪刺激，当任务材料为积极情绪刺激时，老年人的工作记忆成绩与年轻人的成绩差异缩小，甚至老年人的工作记忆表现优于年轻人(Mammarella et al., 2013; Sava et al., 2017)，然而也有研究未发现积极情绪刺激对老年人工作记忆的促进作用(Truong & Yang, 2014)，还有研究发现在积极情绪刺激材料条件下老年人的工作记忆成绩更差(Ziaei et al., 2018)。值得注意的是，在部分研究中情绪效价是任务相关信息，如要求被试记忆并判断情绪面孔的效价或强度是否发生变化(Mok et al., 2019)；在部分研究中情绪效价则是任务无关信息，如要求被试忽略情绪信息，记忆并判断情绪刺激的空间位置(Borg et al., 2011)，或将情绪刺激作为背景信息(Oren et al., 2017)。由此可见，情绪效价与任务相关性的实验操纵可能是影响积极效应出现与否的关键因素。本文将围绕着情绪效价的任务相关性这一核心特征对工作记忆中积极效应的现有研究进行梳理，同时结合积极效应的理论框架，探讨情绪效价和任务相关性的交互对老年人工作记忆情绪加工的影响机制，并在此基础上对未来的研究方向进行展望。

3　情绪效价与任务相关性对工作记忆积极效应的影响

就积极效应的检验而言，目前研究者认为同一情绪效价下的年龄效应可被看作是直接的积极效应，如在积极情绪刺激条件下，老年人的表现优于年轻人，以及(或者)老年人在消极情绪刺激条件下的表现比年轻人差；而同一年龄组内的被试在不同情绪效价条件之间的差异被看作是间接的积极效应，如老年人对积极情绪刺激的记忆成绩优于消极刺激(或者中性刺激) (毕丹丹，韩布新，2014；刘海宁 等, 2019)。

3.1　情绪效价作为任务相关属性

多数研究将情绪效价作为目标刺激的相关属性，用以考察情绪效价对老年人工作记忆能力的影响，即要求被试对情绪效价的记忆表征进行存储和操作，相关研究见表 1。Sava 等(2017)采用情绪面孔的延迟匹配任务，在编码阶段呈现一幅情绪面孔，间隔 0.5 秒后要求被试从给定的 4 个选项中挑选出在编码阶段呈现过的记忆项目，结果发现当目标刺激为悲伤或愤怒面孔时，老年被试的正确率显著低于年轻被试；当目标刺激为高兴面孔时，两组被试的正确率差异不显著，在反应时指标上，老年被试与年轻被试在记忆不同情绪效价的面孔时不存在显著差异。为进一步测量情绪刺激记忆表征的精确性(fidelity)，有研究要求被试调整探测阶段呈现的面孔的情绪强度，使其与编码阶段呈现的面孔情绪强度相同。结果发现年龄与情绪效价存在交互效应，具体而言，相比于高兴面孔条件下的年龄差异，在愤怒面孔条件下老年被试与年轻被试正确率间的差异更大，即老年被试的正确率更低(Svärd et al., 2014)。另一项测量情绪信息记忆精确性的研究发现，老年被试在工作记忆中对恐惧面孔的表征强度显著低于年轻被试，高兴面孔条件下的年龄差异则不显著，并且相比于年轻被试，老年被试更容易将中低强度的恐惧面孔判断为高兴面孔(Mok et al., 2019)。由此可见，随着年龄的增长，相比于年轻人，老年人对工作记忆内消极信息的加工能力有所降低。对同一情绪效价下的年龄差异的分析，为工作记忆中积极效应的存在提供了直接证据。

另一些研究则通过比较同一年龄组内不同情绪效价条件间的差异，间接地验证了工作记忆中积极效应的存在(Bermudez & Souza, 2017; Majerus & D’Argembeau, 2011; Mammarella et al., 2013)。Bermudez 和 Souza (2017)采用延迟匹配任务，要求被试记忆在编码阶段依次呈现的情绪场景图片，结果发现老年被试记忆积极和中性场景图片的正确率显著高于消极场景图片，而年轻被试在三种情绪效价图片条件下的正确率无显著差异。另一项研究发现，当记忆项目由同一情绪效价的词汇组成时，年轻被试与老年被试记忆积极词的正确率均显著高于中性词和消极词；当记忆项目由不同情绪效价的词汇组成时，年轻被试记忆消极词和积极词的正确率均显著高于中性词，而老年被试只有记忆积极词的正确率显著高于记忆中性词的正确率，在消极词和中性词条件下的正确率没有显著差异(Majerus & D’Argembeau, 2011)。一项

表 1 情绪效价作为工作记忆任务相关属性的研究

研究者(年份)	平均年龄(或年龄范围)	样本量	研究设计			研究结果(因变量：正确率)	
	YA vs. OA	YA vs. OA	范式	刺激材料	效价	组内分析结果	组间差异结果
Bermudez & Souza, 2017	26.17 vs. 70.96	24 vs. 24	延迟匹配任务	图片	积极/中性/消极	YA：积极=中性=消极 OA：积极、中性>消极；积极=中性	–
Hartley et al., 2015 Study1	19.45 vs. 72.93	31 vs. 31	延迟匹配任务	面孔	高兴/悲伤/愤怒/恐惧/惊讶/厌恶	–	高兴/悲伤/愤怒/恐惧/惊讶/厌恶：OA=YA
Hartley et al., 2015 Study3	20.38 vs. 75.41	24 vs. 24	延迟匹配任务	面孔	情绪/非情绪	–	情绪、非情绪：OA=YA
Majerus & D'Argembeau, 2011 Study2	24~30 vs. 60~84	15 vs. 15	延迟匹配任务	词汇	积极/中性/消极	OA、YA：积极>消极、中性；消极=中性	积极/中性/消极：OA<YA
Majerus & D'Argembeau, 2011 Study3	24~30 vs. 60~84	15 vs. 15	延迟匹配任务	词汇	积极/中性/消极	YA：积极>中性；消极>中性 OA：积极>中性；消极=中性	–
Mammarella et al., 2013	24.97 vs. 64.70	35 vs. 37	操作广度任务	词汇	积极/中性/消极	YA：消极>积极、中性；积极=中性 OA：消极>积极、中性；积极>中性	积极：OA=YA； 消极：OA=YA； 中性：OA<YA；
Mikels et al., 2005	22.35 vs. 72.50	20 vs. 20	情感保持任务	图片	积极/消极	YA：消极>积极 OA：积极>消极	积极：OA>YA 消极：–
Mok et al., 2019	23.42 vs. 69.25	54 vs. 51	短时记忆任务	面孔	高兴/恐惧	OA、YA：高兴>恐惧	高兴、恐惧：OA<YA
Sava et al., 2017 Study1	19.84 vs. 74.33 vs. 78.82 (AD)	25 vs. 21 vs. 17 (AD)	延迟匹配任务	面孔	高兴/中性/悲伤	YA：高兴=中性=悲伤 OA：高兴>中性、悲伤；中性=悲伤 AD：高兴>中性、悲伤；中性=悲伤	高兴：OA、YA>AD；OA=YA 中性、悲伤：OA、AD<YA；OA=AD
Sava et al., 2017 Study2	22.4 vs. 80.81 vs. 84.22 (AD)	21 vs. 21 vs.18 (AD)	延迟匹配任务	面孔	高兴/中性/愤怒	YA：高兴=中性=愤怒 OA：高兴、中性>愤怒；高兴=中性 AD：高兴>中性、悲伤；中性=愤怒	高兴：AD<YA; OA=YA; OA=AD 中性：OA、AD<YA; OA>AD 愤怒：OA、AD<YA; OA=AD
Svärd et al., 2014	25.20 vs. 70.50	40 vs. 35	短时记忆任务	面孔	高兴/愤怒	OA、YA：高兴>愤怒	高兴、愤怒：OA<YA

注：YA：Younger adults (年轻人); OA：Older adults (老年人); AD：Alzheimer's disease (阿尔兹海默症患者); –：研究结果中未报告

采用操作广度任务范式的研究发现相比于中性词，在积极词条件下老年被试的工作记忆广度更大，年轻被试在积极词和中性词条件下的工作记忆广度没有显著差异(Mammarella et al., 2013)。

综上，在将情绪效价作为工作记忆任务相关属性的研究中，既有对积极效应的直接验证，也有对积极效应的间接验证，均为工作记忆中的积极效应提供了支持性证据，这与注意和记忆中积极效应的研究发现相一致(Ford et al., 2018; Meng et al., 2015)。工作记忆接收注意的信息输入，同时需从长时记忆中提取记忆表征用于当前的任务加工过程(Oberauer, 2019)，由此可见，老年人在一般认知加工过程中均表现出对积极信息的加工优势。为解释积极效应的产生机制，Carstensen 等人提出社会情绪选择理论(Socioemotional Selectivity Theory, SST)，该理论认为随着年龄的增长，人们知觉到的时间变得有限，老年人会更关注情感目标。为提升积极情绪体验的水平，老年人对情绪信息的加工偏向会发生转变，即由年轻时期更关注消极信息转变为成年中后期更关注积极信息，同时会利用更多的认知资源去加工积极信息以实现情感目标(Carstensen et al., 1999)，工作记忆中积极效应的发现是对社会情绪选择理论模型的拓展和加深。值得注意的是，使用情绪场景图片和情绪词汇的研究发现，老年人加工积极情绪刺激的能力较好(Bermudez & Souza, 2017; Majerus & D'Argembeau, 2011; Mammarella et al., 2013)，而使用情绪面孔作为实验材料的研究则发现老年人加工消极情绪刺激的能力下降(Mok et al., 2019; Sava et al., 2017; Svärd et al., 2014)，提示工作记忆中的积极效应不仅表现为老年人对积极情绪刺激编码与加工的优势，同时也表现为加工消极情绪刺激能力的衰退。然而，情绪刺激材料的不同也可能是导致上述研究结果的原因。因此，未来研究应对情绪材料这一因素的影响机制进行检验和澄清，将有助于进一步厘清老年人工作记忆中积极效应的发生机制。

3.2　情绪效价作为任务无关属性

由于工作记忆容量的有限性，老年人对工作记忆内无关刺激的抑制能力表现出随增龄下降的发展特点(Gazzaley et al., 2005)。近来还有研究者提出，对分心刺激的干扰控制是工作记忆的核心特征(Oberauer et al., 2016)。以往使用中性刺激材料的研究均发现老年人难以抑制分心刺激的干扰(Clapp & Gazzaley, 2012; Samrani et al., 2017)，目前已有少量行为研究探讨了任务无关情绪刺激对老年人工作记忆表现的影响机制(表 2)。

Truong 和 Yang (2014)采用延迟匹配任务范式，在编码阶段依次呈现 4 个情绪词，分别以红色或蓝色作为标记对任务相关刺激与无关刺激进行区分，被试需记忆被标记为任务相关刺激的情绪词并忽略被标记为无关刺激的情绪词，在随后的提取阶段让被试判断探测词是否为之前呈现过的任务相关刺激。结果发现，在反应时指标上，不同情绪效价条件下的年龄差异不显著；在正确率上，当探测刺激为消极无关刺激时，老年被试正确地将探测刺激判断为无关刺激的次数显著低于年轻被试，但是当探测刺激为中性和积极无关刺激时，年龄差异则不显著，表明仅消极无关刺激降低了老年人在工作记忆中存储任务相关信息的能力。另一项研究中，被试需对情绪场景图片的位置进行记忆，结果发现健康老年被试和阿尔茨海默症患者的正确率均显著低于年轻被试。此外，该研究还发现健康老年被试记忆消极情绪图片位置的正确率显著低于中性图片，而对年轻被试和阿尔茨海默症患者的组内分析则显示，消极情绪图片和中性图片条件下的正确率没有显著差异，说明健康老年人更难以抑制消极无关信息对目标任务的干扰(Borg et al., 2011)。除此之外，还有研究使用情绪面孔 2-back 任务来探究任务无关情绪刺激对老年人工作记忆功能的影响，该研究要求被试判断当前呈现的面孔的情绪效价与两个试次前呈现的面孔的效价是否相同，其中目标刺激为当前试次(n)呈现的面孔，干扰刺激为一个试次前(n−1)及三个试次前(n−3)呈现的面孔。结果发现相较于中性面孔的干扰条件，当愤怒面孔作为干扰刺激时，老年被试和年轻被试在正确率上无显著差异，但相较于年轻被试，老年被试的反应时变长，在年轻被试内则未发现情绪效价的主效应，说明老年人更容易受到消极分心物的干扰(Berger et al., 2018)。

由上可知，将情绪效价设定为任务无关属性的研究支持消极无关刺激的干扰效应，即消极无关刺激的出现降低了老年人的工作记忆表现。相比于在工作记忆的加工空间内存储一定数量的任务相关刺激，个体抑制无关刺激干扰的能力更容

表 2 情绪效价作为工作记忆任务无关属性的研究

研究者(年份)	平均年龄(或年龄范围)	样本量	研究设计				研究结果(因变量：正确率)	
	YA vs. OA	YA vs. OA	范式	刺激材料	效价	任务描述	组内分析结果	组间差异结果
Belham et al., 2017 Study1	21.38 vs. 71.10	56 vs. 39	延迟再认任务	图片	积极/中性/消极	记忆刺激的空间位置；忽略刺激的情绪效价	YA：积极=中性=消极 OA：积极=中性=消极	积极/中性/消极：OA<YA
Belham et al., 2017 Study2	21.31 vs. 69.92	26 vs. 25	延迟再认任务	面孔	高兴/中性/愤怒	记忆刺激的空间位置；忽略刺激的情绪效价	YA：愤怒>高兴； 高兴=中性；愤怒=中性 OA：愤怒>高兴； 高兴=中性；愤怒=中性	高兴/中性/愤怒：OA<YA
Berger et al., 2018	25.03 vs. 68.60	31 vs. 31	2-back	面孔	中性/愤怒	比较当前与两个试次前的刺激的情绪效价是否一致；忽略n–1与n–3试次的刺激	YA：愤怒=中性； OA：愤怒=中性；	愤怒、中性：OA<YA
Borg et al., 2011	27.07 vs. 78.35 vs. 80.92 (AD)	14 vs. 14 vs.14 (AD)	短时记忆任务	图片	中性/消极	记忆刺激的空间位置；忽略刺激的情绪效价	YA：消极=中性； OA：消极<中性； AD：消极=中性	消极：OA、AD<YA；OA=AD 中性：OA、AD<YA；OA>AD
Hartley et al., 2015 Study2	20.04 vs. 74.43	32 vs. 30	延迟匹配任务	面孔	情绪	记忆面孔身份；忽略面孔的情绪效价	–	情绪：OA<YA
Hartley et al., 2015 Study3	20.38 vs. 75.41	24 vs. 24	延迟匹配任务	面孔	情绪/非情绪	记忆面孔身份；忽略面孔的情绪效价	–	情绪/非情绪：OA<YA
Truong & Yang, 2014	19.69 vs.73.25	36 vs. 36	延迟匹配任务	词汇	积极/中性/消极	记忆任务指定的情绪目标刺激；忽略任务指定的情绪分心刺激	YA：积极=中性=消极 OA：消极<积极、中性；积极=中性	积极、中性：OA=YA 消极：OA<YA

注：YA：Younger adults (年轻人); OA：Older adults (老年人); AD：Alzheimer's disease (阿尔兹海默症患者); –：研究结果中未报告

易受到衰老的影响(Gazzaley et al., 2005; Hasher et al., 2008)。消极信息的自动凸显性与进化过程中的生存适应密切相关(Mather & Knight, 2006), 当消极刺激为任务无关材料时, 老年人似乎更难以抑制消极无关刺激的干扰。值得注意的是, 在上述研究中, 仅 Truong 和 Yang (2014)一项研究考察了积极情绪材料作为任务无关刺激对老年人工作记忆的干扰效果, 不同效价的任务无关情绪刺激对老年人工作记忆的作用机制仍待深入探讨。

4　工作记忆中积极效应的神经加工机制

行为学研究发现, 在加工不同情绪效价的信息时老年人与年轻人的工作记忆成绩存在差异, 这种行为水平上的年龄效应是否伴随脑功能激活模式的差异, 是探讨工作记忆中积极效应潜在神经机制的关键问题。对工作记忆中积极效应的研究多集中在行为水平层面, 目前仅检索到的三项研究均采用功能核磁共振成像(functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI)技术对老年人工作记忆中积极效应的神经机制进行了探讨。

4.1　实证研究证据

昆士兰大学的 Ziaei 等研究者对延迟再认任务(visual delay recognition task)进行了改编, 在编码阶段连续呈现 3 对图片, 要求被试仅记忆成对图片中的一张, 而忽略另外一张, 间隔 4 s 后呈现一张图片作为探测刺激, 要求被试判断该图片是否在编码阶段出现过, 用于揭示个体对短暂存储于工作记忆内的情绪目标物及分心物进行加工的神经机制(Ziaei et al., 2017; Ziaei et al., 2018)。在行为水平上, 相比中性图片, 研究者发现当分心刺激为情绪图片时, 老年被试的工作记忆成绩比年轻被试差, 表明老年人更容易受到无关情绪刺激的干扰。全脑激活的分析结果也表明, 当情绪图片作为分心刺激时, 老年被试额顶网络包括腹外侧前额叶, 双侧顶叶和前扣带回等脑区的激活水平低于年轻被试。进一步对情绪效价的分析则表明, 当目标刺激为消极图片, 分心刺激为积极图片时, 老年被试的正确率显著低于年轻被试, 且老年被试左侧额下回和背侧前扣带回的激活程度也低于年轻被试(Ziaei et al., 2018)。左侧额下回负责抑制情绪分心刺激对工作记忆的干扰(Dolcos et al., 2006), 额下回激活水平的降低反映了老年人难以有效抑制积极分心物的干扰。背侧前扣带回负责监控情绪信息的冲突, 评估冲突的程度以及所需付出的认知努力(Barch et al., 2000; Kanske & Kotz, 2011), 其激活水平的降低反映出老年人投入了较少的认知资源来抑制积极分心物的冲突, 因此受积极分心物的干扰更大。

Oren 等人(2017)的研究考察了消极分心物对老年人工作记忆加工过程的影响, 被试需判断消极或中性场景图片上的数字是否相同, 而忽略作为背景的情绪场景图片。在行为水平上, 老年被试在 1-back 与 2-back 条件下的正确率均低于年轻被试, 但情绪效价的主效应及其与认知负荷和年龄的交互作用均不显著。在脑成像方面, 对年龄差异的分析表明, 在消极分心物条件下年轻被试右侧杏仁核的激活水平显著高于老年被试, 进一步的分析发现杏仁核在老年被试中是负激活, 说明老年人对消极无关刺激的编码不足。对老年组内不同情绪效价条件下的脑激活水平进行比较则发现, 在消极分心物条件下老年被试额中回和顶叶皮层的激活水平低于中性分心物条件下的激活水平, 且消极分心物条件下的反应时与额中回激活水平存在显著的正相关, 即反应时越短, 额中回的激活水平越低, 提示消极分心物对老年人工作记忆的干扰较小与额中回的激活水平较低有关。杏仁核属于腹侧情绪系统, 负责监测情绪刺激的出现并调节其他脑区来增强对情绪刺激的注意和记忆(Mather, 2016), 而额中回和顶叶皮层属于背侧执行系统, 参与了情绪的执行控制过程, 负责编码与目标加工相关的任务要求(Feredoes et al., 2011; Niendam et al., 2012)。值得注意的是, 该研究的脑成像结果表明消极分心物对老年人工作记忆的干扰较小, 而行为结果未发现情绪效价与年龄的交互作用, 脑成像结果与行为测试结果并不一致, 提示相较于外显的行为学指标, 神经功能活动水平的变化或许能更敏感地捕捉和反映老年人工作记忆情绪加工的内在机制。

4.2　小结

综上, 脑成像研究发现抑制工作记忆中无关情绪信息时, 背侧前扣带回、左侧额下回以及杏仁核的激活水平表现出年龄差异。值得注意的是, Ziaei 等研究者(2018)发现积极无关刺激对老年人工作记忆的干扰更大, 且老年人额下回激活水平低于年轻人, Oren 等(2017)则发现消极无关刺激对老年人工作记忆的干扰较小, 额中回激活水平

下降。上述结果在一定程度上支持了工作记忆中积极效应的存在，并提示额下回和额中回可能在个体加工情绪无关信息的过程中起着关键作用。有研究使用 Go/Nogo 任务要求被试对除字母“X”之外的所有字母作按键反应，发现额下回损伤的患者在 Nogo 刺激出现时误报率显著高于控制组，说明额下回可能与抑制过程相关(Swick et al., 2008)。在完成抑制控制任务时，老年人的额下回激活水平显著低于年轻人(Coxon et al., 2016; Tsvetanov et al., 2018)。此外，一项采用停止信号任务范式的干预研究也为额下回参与抑制控制过程提供了进一步的证据。在该训练中研究者要求被试判断情绪面孔的性别，当出现声音抑制线索后停止对当前面孔作反应，而在训练后的测验阶段则不呈现声音抑制线索。结果发现，当测验阶段呈现训练阶段停止试次的面孔刺激时，被试额下回激活水平显著增强(Lenartowicz et al., 2011)。另外，相较于仅呈现任务相关刺激，在同时呈现任务相关刺激和无关刺激条件下被试额中回激活水平显著增强，额中回激活水平与个体工作记忆容量呈显著的正相关，说明额中回参与了筛选目标任务相关信息的过程(McNab & Klingberg, 2008)。因此，额下回与额中回均参与对工作记忆内无关信息的抑制，其在抑制情绪无关刺激中的作用值得进一步探讨。

5 积极效应的理论视角

5.1 社会情绪选择理论

社会情绪选择理论从时间知觉的角度解释了情绪与认知交互中的年龄效应，即老年人为了提高并维持他们的积极情绪体验，会将有限的认知资源分配到情绪信息尤其是积极信息的加工中去(Giasson et al., 2019; Reed & Carstensen, 2012; Sims et al., 2015)，因此积极效应是老年人完成情感需求目标过程中产生的“副产品” (by-product) (Carstensen & DeLiema, 2018)。社会情绪选择理论能够解释注意和记忆中的积极效应，同时与情绪效价作为工作记忆任务相关属性的研究结果相契合，即积极情绪信息促进了老年人的工作记忆表现，老年人表现出对积极信息的加工优势(Bermudez & Souza, 2017; Mikel et al., 2005; Sava et al., 2017)。

5.2 动态整合理论

与社会情绪选择理论的“主动”视角不同，动态整合理论(Dynamic Integration Theory)从功能衰退的“被动”角度尝试对积极效应这一现象进行解释(Labouvie-Vief et al., 2010)。该理论认为老年人对积极信息的自动加工是用以补偿认知资源衰退的策略，拥有较多认知资源的老年人与年轻人相似，会表现出对消极刺激的加工偏向，即更多地关注和加工消极信息，而认知资源衰退的老年人才会表现出现积极效应。然而，Sava 等人(2017)却发现相较于悲伤面孔条件下的年龄差异，在高兴面孔条件下老年健康被试与年轻被试的工作记忆行为表现无显著差异，而阿尔兹海默症患者在悲伤和高兴面孔条件下的正确率均显著低于年轻被试，说明拥有较多认知资源的老年人更容易表现出积极效应。此外，根据动态整合理论的观点，在需要抑制无关情绪信息的任务中，老年人应该更易受积极无关刺激的干扰，但实证研究却表明消极无关刺激对老年人工作记忆成绩的干扰更大(Berger et al., 2018; Truong & Yang, 2014)。总之，动态整合理论正视了老年人认知资源有限的事实，但该理论的预测与现有研究的结果并不一致，缺乏实证证据支持。

5.3 双竞争模型

双竞争模型(Dual Competition Model)从情绪信息与任务相关性的角度，解释情绪与工作记忆的交互作用(Pessoa, 2008; 2009)。具体而言，该理论指出，情绪是否影响认知控制在于情绪刺激的加工是否占用认知资源，在情绪信息充当任务相关刺激或无关刺激这两种情况下，由于认知资源分配方式的不同会对目标任务产生增强或削弱的不同影响：任务相关的情绪信息会通过占用更多的认知资源来促进目标任务的表现；任务无关的情绪信息则会分散目标任务所需的认知资源从而损害任务成绩(Pessoa, 2017)。现有研究发现，当积极情绪材料作为工作记忆任务相关刺激时会促进老年人的工作记忆成绩(Bermudez & Souza, 2017)，而作为无关刺激时则干扰了老年人工作记忆的表现(Ziaei et al., 2018)，因此，研究者引入双竞争模型来解释任务的相关性对老年人工作记忆中积极效应的影响。但目前的研究结果与双竞争模型并不完全一致，比如若仅考虑任务的相关性，可以推测积极刺激与消极刺激对老年人工作记忆表现的影响应是相似的，但是研究结果却表明老年人对任务相关的积极刺激的记忆成绩优于年轻

人(Mikels et al., 2005), 对任务相关的消极刺激的记忆却比年轻人更差(Sava et al., 2017), 提示情绪效价与任务相关性存在交互作用, 必须同时纳入考虑。

5.4　小结

综上, 对工作记忆中积极效应的关注和讨论丰富了社会情绪选择理论的内涵, 情绪材料任务相关性会对工作记忆中的积极效应产生不同的影响支持了双竞争模型, 提示情绪效价以及任务相关性均为影响工作记忆积极效应的关键因素。值得注意的是, 目前对工作记忆中积极效应的研究并未深入考察情绪效价作为任务无关属性时影响老年人工作记忆表现的作用机制, 其中关注积极分心物如何影响老年人工作记忆加工机制的研究尤为欠缺。积极情绪效价作为目标刺激相关属性时会优先捕获老年人的注意, 由此研究者推测, 当情绪效价作为任务无关属性时, 老年人可能更容易被积极无关刺激干扰, 而不是消极无关刺激(Reed & Carstensen, 2012), 这与 Ziaei 等人(2018)的研究结果一致。然而, 目前多项研究发现相比于中性刺激, 老年人更容易被消极无关刺激干扰(Berger et al., 2018; Oren et al., 2017; Truong & Yang, 2014), 说明除情绪效价的相关性之外, 可能还存在其他的调节变量会影响工作记忆中的积极效应出现与否及其效应量。Ziaei 等人(2018)的研究发现当情绪无关刺激呈现在工作记忆编码阶段时老年人受积极分心物的干扰更大, Truong 和 Young (2014)的研究则发现情绪无关刺激呈现在保持阶段时老年人受消极分心物的干扰更大, 提示情绪刺激出现的时间窗口可能是影响老年人工作记忆表现的另一重要因素。

6　总结与展望

本文从情绪效价与任务相关性的交互出发, 对探讨工作记忆中积极效应的研究进行了梳理, 发现当情绪效价作为任务相关属性时, 无论是比较同一情绪效价下不同年龄组之间的差异, 还是比较同一年龄组内的被试在不同情绪效价间的差异, 均支持工作记忆中存在积极效应, 具体表现为老年人对工作记忆内积极情绪刺激记忆的增强, 以及对消极情绪刺激记忆的减弱。探讨情绪效价作为任务无关属性的研究较少, 研究结果并不一致, 大部分研究发现老年人更容易受到消极无关刺激的干扰, 个别研究发现积极无关刺激对老年人工作记忆的干扰更大。在工作记忆积极效应的研究中考察情绪效价与任务相关性的交互的影响, 促进了关于工作记忆中情绪信息加工机制的认识, 是对积极效应这一研究主题的丰富和拓展。值得注意的是, 对工作记忆中积极效应的探讨尚处于起步阶段, 老年人工作记忆中积极效应的内部加工机制有待进一步探索。

首先, 老年人工作记忆不同加工阶段中的情绪加工特点是否存在差异? 在情绪效价作为任务相关属性的实验中, 研究者尚未对工作记忆编码、保持或提取三个阶段中积极效应的具体表现进行深入考察。在情绪效价作为任务无关属性的研究中, 有两项研究分别考察了老年人工作记忆编码阶段和保持阶段的情绪加工特点, 发现情绪无关刺激呈现在工作记忆编码或保持阶段时, 呈现出截然不同的结果模式, 其中当情绪无关刺激呈现在编码阶段时老年人受积极分心物的干扰更大(Ziaei et al., 2018), 而当情绪无关刺激呈现在保持阶段时老年人受消极分心物的干扰更大(Truong & Yang, 2014), 提示除了情绪效价与任务相关性之外, 工作记忆不同阶段内在加工过程的特异性特征可能也是影响积极效应的重要因素。已有研究使用中性材料发现, 无论在编码阶段还是保持阶段呈现无关刺激, 老年被试的工作记忆成绩均显著低于年轻人, 但是相比编码阶段, 当无关刺激呈现在保持阶段时工作记忆成绩的年龄差异更大, 说明随着年龄的增长, 个体更容易受到工作记忆保持阶段呈现的无关刺激的干扰(McNab et al., 2015)。值得注意的是, 已有研究使用事件相关电位(event-related potentials, ERPs)技术探讨了注意中积极效应的时间进程特点, 发现注意的积极效应仅发生在注意加工的晚期窗口, 相比于年轻被试组表现出的消极偏向, 老年被试组内的情绪效价主效应不显著(喻婧 等, 2015), 提示时间进程是影响注意过程中积极效应的关键因素。以年轻人为对象的研究发现, 在 2-back 条件下, 消极分心物诱发的 P3 成分的平均波幅与中性分心物条件没有显著差异, 而在 0-back 条件下, 消极分心物诱发的 P3 成分的平均波幅显著小于中性分心物条件(张禹 等, 2016), 提示消极分心物可能会更多地影响到注意的加工过程, 而非工作记忆。未来研究可利用 ERPs 技术时间分辨率

高的优点，以更精确的方式量化评估任务相关或任务无关情绪刺激对工作记忆编码、保持与提取阶段的大脑活动的不同影响，并进一步考察老年人工作记忆不同阶段情绪加工的特点，加深对老年人工作记忆中积极效应的内在机制的理解。

第二，情绪材料如何影响老年人工作记忆中积极效应的发生机制？关于积极效应的发生机制一直存在争论，即积极效应是源于老年人对积极信息的关注增多，还是对消极信息关注的减少(Addis et al., 2010; Kalenzaga et al., 2016; Scheibe & Carstensen, 2010)。现有研究发现，当工作记忆实验任务中任务相关刺激为情绪场景图片和情绪词汇时，老年人表现出对积极刺激的记忆增强(Bermudez & Souza, 2017; Majerus & D'Argembeau, 2011; Mammarella et al., 2013)，而当任务相关刺激为情绪面孔时积极效应则表现为老年人对消极刺激的记忆减弱(Mok et al., 2019; Sava et al., 2017; Svärd et al., 2014)。该结果一方面可以解释为工作记忆中的积极效应既体现为老年人对积极信息加工的优势，同时也表现为老年人对消极信息的回避或加工能力的下降。另一方面，也提示不同情绪材料可能会影响情绪信息表征的编码和提取过程。在情绪与认知交互作用的研究中，情绪场景图片、情绪面孔和情绪词汇是常用的刺激材料。研究者认为不同情绪材料的内在编码过程存在差异，与情绪图片和情绪面孔的快速加工过程不同，情绪词汇是抽象符号，其编码过程更加复杂精细，被试需要对词汇进行重新表征，而这一过程会受到个体动机、目的和文化背景等多种因素的影响(Schacht & Sommer, 2009; Yuan et al., 2019)。此外，情绪场景图片因包含的情景信息较为丰富，其情绪信息含义相对明确；而情绪面孔的加工过程更易受环境因素的影响，个体对情绪面孔的加工会因面孔所处场景的不同而产生差异(Walla & Panksepp, 2013)。Belham 等人(2017)使用视觉空间工作记忆范式，采用情绪场景图片与情绪面孔作为实验材料开展了两项实验，研究发现当分心刺激为情绪面孔时老年被试与年轻被试均表现出积极偏向，当分心刺激为情绪场景图片时则未观察到情绪偏向，提示工作记忆中的情绪偏向会受到刺激材料类型的影响。但目前直接考察情绪材料差异对老年人工作记忆加工表现的影响的研究仍较少，未来研究可考虑采用同一个实验范式，分别考察情绪场景图片、面孔和词汇条件下老年人工作记忆加工的特点，以探究情绪刺激材料的差异性对积极效应的影响，将有助于推动解决有关积极效应发生机制的争论。

第三，情绪效价任务相关性影响工作记忆积极效应的神经机制为何？目前能够检索到的三项脑影像研究考察了工作记忆中情绪刺激加工神经机制方面的年龄差异，发现老年人加工情绪刺激的能力可能与其背侧执行系统(包括额中回、顶叶皮层等)和腹侧情绪系统(包括左侧额下回、杏仁核等)的功能变化有关。其中，背侧执行系统中的额中回与腹侧情绪系统中的额下回均与抑制情绪无关刺激的过程密切相关，具体而言，在消极无关刺激条件下，老年人额中回的激活水平低于中性无关刺激条件(Oren et al., 2017)，在积极无关刺激条件下，老年人左侧额下回的激活程度低于年轻人(Ziaei et al., 2018)。已有研究以青年人为被试，探讨了额中回和额下回在抑制情绪无关刺激中的功能差异，研究使用延迟匹配任务要求被试抑制在保持阶段出现的分心情绪刺激或中性刺激，发现额中回参与任务相关刺激的编码与维持过程，而额下回则参与保持阶段中对分心情绪刺激表征的抑制过程(Dolcos & McCarthy, 2006)。Iordan 和 Dolcos (2017)在此基础上进一步探讨了情绪效价的作用，发现额下回涉及抑制积极分心刺激干扰的过程。由于目前探讨老年人工作记忆中积极效应神经机制的研究尚处于起步阶段，额下回与额中回在情绪刺激加工过程中的功能如何随年龄而变化，仍需进一步考察。另一方面，以往研究发现相比于中性无关刺激，情绪无关刺激条件下额下回与杏仁核的功能连接增强，杏仁核是腹侧情绪系统的重要节点，负责监测情绪刺激并将信号传送到额下回进行信息整合(Iordan et al., 2013)，这一结果提示抑制无关情绪刺激的过程可能涉及额下回与杏仁核的协同活动。随着年龄的增长，这种协同活动模式是否发生变化值得关注。未来研究需进一步揭示老年人在加工任务相关情绪信息与任务无关情绪信息时的神经机制，为情绪效价与任务相关性对工作记忆中积极效应的影响机制提供脑功能水平上的依据，以进一步明晰工作记忆中积极效应产生的内在神经机制。

最后，尽管存在积极效应，老年人的工作记忆能力整体上仍表现出随增龄下降的趋势，如何

改善老年人的工作记忆功能是认知心理学和认知神经科学的热点研究主题，未来研究可根据老年人工作记忆中存在积极效应的特点，考虑采用情绪信息作为实验刺激并进一步考察其干预效果。采用中性材料的工作记忆训练已为老年期的行为可塑性和神经可塑性提供了重要依据(Rhodes & Katz, 2017; Vermeij et al., 2017; 霍丽娟 等, 2018)，尽管多数研究发现这种改善仅局限于训练任务或近迁移任务(Guye & von Bastian, 2017; Teixeira-Santos et al., 2019; Zinke et al., 2012)。考虑到老年人加工情绪信息的能力保存相对完好，相比于非情绪的中性材料，使用情绪工作记忆训练能否更好地改善并促进老年人的认知功能值得进一步讨论。已有以年轻人为干预对象的研究发现，情绪工作记忆训练能提高个体在情绪 Stroop 任务上的表现(Schweizer et al., 2011)和情绪调节能力(Schweizer et al., 2013)。除健康人群外, Iacoviello 等人(2014)还发现情绪工作记忆训练能显著降低抑郁症患者的抑郁症状，且训练组患者对消极刺激的加工偏向也有所下降，提示情绪工作记忆训练在改善消极情绪体验上的潜在应用价值。因此，未来研究可考虑将情绪工作记忆训练应用于老年群体，考察情绪工作记忆训练在改善老年人认知功能和情绪体验方面的价值和效果，优化现有认知训练方案及其测量指标，以切实推进和实现健康老龄化与积极老龄化。

参考文献

毕丹丹, 韩布新. (2014). 积极效应研究的几个方法学问题. *心理科学进展, 22*(7), 1103–1111.

龚先旻, 王大华. (2012). 老年人情绪记忆中的积极效应及其产生机制. *心理科学进展, 20*(9), 1411–1418.

霍丽娟, 郑志伟, 李瑾, 李娟. (2018). 老年人的脑可塑性：来自认知训练的证据. *心理科学进展, 26*(5), 846–858.

刘海宁, 刘晓倩, 刘海虹, 李峰, 韩布新. (2019). 老年人情绪注意积极效应的发生机制. *心理科学进展, 27*(12), 2064–2076.

喻婧, 马振玲, 牛亚南, 张宝山, Broster, L. S, 李娟. (2015). 年龄相关的情绪偏向效应的时间进程 (英文). *生物化学与生物物理进展, 42*(2), 365–374.

张禹, 李红, 赵守盈, 罗禹. (2016). 任务无关情绪刺激对工作记忆信息更新的影响: 来自 ERP 的证据. *心理学报, 39*(1), 2–7.

Addis, D. R., Leclerc, C. M., Muscatell, K. A., & Kensinger, E. A. (2010). There are age-related changes in neural connectivity during the encoding of positive, but not negative, information. *Cortex, 46*(4), 425–433.

Barch, D. M., Braver, T. S., Sabb, F. W., & Noll, D. C. (2000). Anterior cingulate and the monitoring of response conflict: Evidence from an fMRI study of overt verb generation. *Journal of Cognitive Neuroscience, 12*(2), 298–309.

Belham, F. S., Tavares, M. C. H., Satler, C., Garcia, A., Rodrigues, R. C., Canabarro, S. L. S., & Tomaz, C. (2017). Negative facial expressions – but not visual scenes – enhance human working memory in younger and older Participants. *Frontiers in Pharmacology, 8*, 668.

Berger, N., Richards, A., & Davelaar, E. J. (2018). Differential effects of angry faces on working memory updating in younger and older adults. *Psychology and Aging, 33*(4), 667–673.

Bermudez, T., & Souza, A. S. (2017). Can emotional content reduce the age gap in visual working memory? Evidence from two tasks. *Cognition and Emotion, 31*(8), 1676–1683.

Borg, C., Leroy, N., Favre, E., Laurent, B., & Thomas-Anterion, C. (2011). How emotional pictures influence visuospatial binding in short-term memory in ageing and Alzheimer's disease? *Brain and Cognition, 76*(1), 20–25.

Brockmole, J. R., & Logie, R. H. (2013). Age-related change in visual working memory: A study of 55, 753 participants aged 8–75. *Frontiers in Psychology, 4*, 12.

Carstensen, L. L., & DeLiema, M. (2018). The positivity effect: A negativity bias in youth fades with age. *Current Opinion in Behavioral Sciences, 19*, 7–12.

Carstensen, L. L., Isaacowitz, D. M., & Charles, S. T. (1999). Taking time seriously: A theory of socioemotional selectivity. *American Psychologist, 54*(3), 165–181.

Carstensen, L. L., & Mikels, J. A. (2005). At the intersection of emotion and cognition: Aging and the Positivity. *Current Directions in Psychological Science, 14*(3), 117–121.

Clapp, W. C., & Gazzaley, A. (2012). Distinct mechanisms for the impact of distraction and interruption on working memory in aging. *Neurobiology of Aging, 33*(1), 134–148.

Coxon, J. P., Goble, D. J., Leunissen, I., van Impe, A., Wenderoth, N., & Swinnen, S. P. (2016). Functional brain activation associated with inhibitory control deficits in older adults. *Cerebral Cortex, 26*(1), 12–22.

Dolcos, F., Kragel, P., Wang, L., & McCarthy, G. (2006). Role of the inferior frontal cortex in coping with distracting emotions. *Brain Imaging and Behavior, 17*(15), 1591–1594.

Dolcos, F., & McCarthy, G. (2006). Brain systems mediating

cognitive interference by emotional distraction. *The Journal of Neuroscience, 26*(7), 2072–2079.

English, T., & Carstensen, L. L. (2015). Does positivity operate when the stakes are high? Health status and decision making among older adults. *Psychology and Aging, 30*(2), 348–355.

Feredoes, E., Heinen, K., Weiskopf, N., Ruff, C., & Driver, J. (2011). Causal evidence for frontal involvement in memory target maintenance by posterior brain areas during distracter interference of visual working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*(42), 17510–17515.

Ford, J. H., DiBiase, H. D., Ryu, E., & Kensinger, E. A. (2018). It gets better with time: Enhancement of age-related positivity effect in the six months following a highly negative public event. *Psychology and Aging, 33*(3), 419–424.

Gazzaley, A., Cooney, J. W., Rissman, J., & D'Esposito, M. (2005). Top-down suppression deficit underlies working memory impairment in normal aging. *Nature Neuroscience, 8*(10), 1298–1300.

Giasson, H. L., Liao, H.-W., & Carstensen, L. L. (2019). Counting down while time flies: Implications of age-related time acceleration for goal pursuit across adulthood. *Current Opinion in Psychology, 26*, 85–89.

Gronchi, G., Righi, S., Pierguidi, L., Giovannelli, F., Murasecco, I., & Viggiano, M. P. (2018). Automatic and controlled attentional orienting in the elderly: A dual-process view of the positivity effect. *Acta Psychologica, 185*, 229–234.

Guye, S., & von Bastian, C. C. (2017). Working memory training in older adults: Bayesian evidence supporting the absence of transfer. *Psychology and Aging, 32*(8), 732–746.

Hartley, A. A., Ravich, Z., Stringer, S., & Wiley, K. (2015). An age-related dissociation of short-term memory for facial identity and facial emotional expression. *The Journals of Gerontology: Series B, 70*(5), 718–728.

Hasher, L., Lustig, C., & Zacks, R. (2008). Inhibitory mechanisms and the control of attention. In A. R. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane, A. Miyake & J. Towse (Eds.), *Variation in working memory* (pp. 227–249). New York: Oxford University Press.

Iacoviello, B. M., Wu, G., Alvarez, E., Huryk, K., Collins, K. A., Murrough, J. W., ... Charney, D. S. (2014). Cognitive-emotional training as an intervention for major depressive disorder. *Depression and Anxiety, 31*(8), 699–706.

Iordan, A. D., & Dolcos, F. (2017). Brain activity and network interactions linked to valence-related differences in the impact of emotional distraction. *Cerebral Cortex, 27*(1), 731–749.

Iordan, A. D., Dolcos, S., & Dolcos, F. (2013). Neural signatures of the response to emotional distraction: A review of evidence from brain imaging investigations. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*, 200.

Kalenzaga, S., Lamidey, V., Ergis, A.-M., Clarys, D., & Piolino, P. (2016). The positivity bias in aging: Motivation or degradation? *Emotion, 16*(5), 602–610.

Kanske, P., & Kotz, S. A. (2011). Emotion triggers executive attention: anterior cingulate cortex and amygdala responses to emotional words in a conflict task. *Human Brain Mapping, 32*(2), 198–208.

Labouvie-Vief, G., Grühn, D., & Studer, J. (2010). Dynamic integration of emotion and cognition: Equilibrium regulation in development and aging. In R. M. Lerner, M. E. Lamb and A. M. Freund (Eds.), *The Handbook of Life-Span Development* (Vol. 2, pp. 79–115). John Wiley & Sons, Inc.

Lenartowicz, A., Verbruggen, F., Logan, G. D., & Poldrack, R. A. (2011). Inhibition-related activation in the right inferior frontal gyrus in the absence of inhibitory cues. *Journal of Cognitive Neuroscience, 23*(11), 3388–3399.

Lugtmeijer, S., de Haan, E. H. F., & Kessels, R. P. C. (2019). A comparison of visual working memory and episodic memory performance in younger and older adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 26*(3), 387–406.

Majerus, S., & D'Argembeau, A. (2011). Verbal short-term memory reflects the organization of long-term memory: Further evidence from short-term memory for emotional words. *Journal of Memory and Language, 64*(2), 181–197.

Mammarella, N., Borella, E., Carretti, B., Leonardi, G., & Fairfield, B. (2013). Examining an emotion enhancement effect in working memory: Evidence from age-related differences. *Neuropsychological Rehabilitation, 23*(3), 416–428.

Mammarella, N., di Domenico, A., & Fairfield, B. (2016). Aging and the genetic road towards the positivity effect in memory. *Experimental Gerontology, 82*, 120–124.

Mather, M. (2016). The affective neuroscience of aging. *Annual Review of Psychology, 67*(1), 213–238.

Mather, M., & Knight, M. R. (2006). Angry faces get noticed quickly: Threat detection is not impaired among older adults. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences, 61*(1), 54–57.

McNab, F., & Klingberg, T. (2008). Prefrontal cortex and basal ganglia control access to working memory. *Nature Neuroscience, 11*(1), 103–107.

McNab, F., Zeidman, P., Rutledge, R. B., Smittenaar, P., Brown, H. R., Adams, R. A., & Dolan, R. J. (2015). Age-related changes in working memory and the ability to ignore distraction. *Proceedings of the National Academy*

of Sciences, 112(20), 6515–6518.

Meng, X., Yang, J., Cai, A. Y., Ding, X. S., Liu, W., Li, H., & Yuan, J. J. (2015). The neural mechanisms underlying the aging-related enhancement of positive affects: Electrophysiological evidences. *Frontiers in Aging Neuroscience, 7*, 143.

Mikels, J. A., Larkin, G. R., Reuter-Lorenz, P. A., & Carstensen, L. L. (2005). Divergent trajectories in the aging mind: Changes in working memory for affective versus visual information with age. *Psychology and Aging, 20*(4), 542–553.

Mok, R. M., van der Meulen, J. E. H., Holmes, E. A., & Nobre, A. C. (2019). Changing interpretations of emotional expressions in working memory with aging. *Emotion, 19*(6), 1060–1069.

Niendam, T. A., Laird, A. R., Ray, K. L., Dean, Y. M., Glahn, D. C., & Carter, C. S. (2012). Meta-analytic evidence for a superordinate cognitive control network subserving diverse executive functions. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience, 12*(2), 241–268.

Oberauer, K. (2019). Working memory and attention - a conceptual analysis and review. *Journal of Cognition, 2*(1), 36.

Oberauer, K., Farrell, S., Jarrold, C., & Lewandowsky, S. (2016). What limits working memory capacity? *Psychological Bulletin, 142*(7), 758–799.

Oren, N., Ash, E. L., Tarrasch, R., Hendler, T., Giladi, N., & Shapira-Lichter, I. (2017). Neural patterns underlying the effect of negative distractors on working memory in older adults. *Neurobiology of Aging, 53*, 93–102.

Peng, P., Barnes, M., Wang, C., Wang, W., Li, S., Swanson, H. L., ... Tao, S. (2018). A meta-analysis on the relation between reading and working memory. *Psychological Bulletin, 144*(1), 48–76.

Pessoa, L. (2008). On the relationship between emotion and cognition. *Nature Reviews Neuroscience, 9*(2), 148–158.

Pessoa, L. (2009). How do emotion and motivation direct executive control? *Trends in Cognitive Sciences, 13*(4), 160–166.

Pessoa, L. (2017). Cognitive control and emotional processing. In T. Egner (Ed.), *The Wiley handbook of cognitive control* (pp. 392–407). Chichster, United Kingdom: Wiley, Ltd.

Reed, A. E., & Carstensen, L. L. (2012). The theory behind the age-related positivity effect. *Frontiers in Psychology, 3*, 339.

Rhodes, R. E., & Katz, B. (2017). Working memory plasticity and aging. *Psychology and Aging, 32*(1), 51–59.

Samrani, G., Bäckman, L., & Persson, J. (2017). Age-differences in the temporal properties of proactive interference in working memory. *Psychology and Aging, 32*(8), 722–731.

Sava, A.-A., Krolak-Salmon, P., Delphin-Combe, F., Cloarec, M., & Chainay, H. (2017). Memory for faces with emotional expressions in Alzheimer's disease and healthy older participants: Positivity effect is not only due to familiarity. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 24*(1), 1–28.

Schacht, A., & Sommer, W. (2009). Emotions in word and face processing: Early and late cortical responses. *Brain and Cognition, 69*(3), 538–550.

Scheibe, S., & Carstensen, L. L. (2010). Emotional aging: Recent findings and future trends. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences, 65*(2), 135–144.

Schweizer, S., Grahn, J., Hampshire, A., Mobbs, D., & Dalgleish, T. (2013). Training the emotional brain: Improving affective control through emotional working memory training. *The Journal of Neuroscience, 33*(12), 5301–5311.

Schweizer, S., Hampshire, A., & Dalgleish, T. (2011). Extending brain-training to the affective domain: Increasing cognitive and affective executive control through emotional working memory training. *PLOS ONE, 6*(9), e24372.

Sims, T., Hogan, C. L., & Carstensen, L. L. (2015). Selectivity as an emotion regulation strategy: Lessons from older adults. *Current Opinion in Psychology, 3*, 80–84.

Svärd, J., Fischer, H., & Lundqvist, D. (2014). Adult age-differences in subjective impression of emotional faces are reflected in emotion-related attention and memory tasks. *Frontiers in Psychology, 5*, 423.

Swanson, H. L., & Fung, W. (2016). Working memory components and problem-solving accuracy: Are there multiple pathways? *Journal of Educational Psychology, 108*(8), 1153–1177.

Swick, D., Ashley, V., & Turken, A. U. (2008). Left inferior frontal gyrus is critical for response inhibition. *BMC Neuroscience, 9*, 102.

Teixeira-Santos, A. C., Moreira, C. S., Magalhaes, R., Magalhaes, C., Pereira, D. R., Leite, J., ... Sampaio, A. (2019). Reviewing working memory training gains in healthy older adults: A meta-analytic review of transfer for cognitive outcomes. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 103*, 163–177.

Truong, L., & Yang, L. (2014). Friend or foe? Decoding the facilitative and disruptive effects of emotion on working memory in younger and older adults. *Frontiers in Psychology, 5*, 94.

Tsvetanov, K. A., Ye, Z., Hughes, L., Samu, D., Treder, M. S.,

Wolpe, N., ... Rowe J. B.. (2018). Activity and connectivity differences underlying inhibitory control across the adult life span. *The Journal of Neuroscience, 38*(36), 7887–7900.

Vermeij, A., Kessels, R. P. C., Heskamp, L., Simons, E. M. F., Dautzenberg, P. L. J., & Claassen, J. (2017). Prefrontal activation may predict working-memory training gain in normal aging and mild cognitive impairment. *Brain Imaging and Behavior, 11*(1), 141–154.

Walla, P., & Panksepp, J. (2013). Neuroimaging helps to clarify brain affective processing without necessarily clarifying emotions. In K. N. Fountas (Ed.), *Novel Frontiers of Advanced Neuroimaging* (pp. 93–118). Rijeka, Croatia: In Tech.

Yuan, J. J., Tian, Y., Huang, X. T., Fan, H. Y., & Wei, X. M. (2019). Emotional bias varies with stimulus type, arousal and task setting: Meta-analytic evidences. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 107*, 461–472.

Ziaei, M., Salami, A., & Persson, J. (2017). Age-related alterations in functional connectivity patterns during working memory encoding of emotional items. *Neuropsychologia, 94*, 1–12.

Ziaei, M., Samrani, G., & Persson, J. (2018). Age differences in the neural response to emotional distraction during working memory encoding. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 18*(5), 869–883.

Zinke, K., Zeintl, M., Eschen, A., Herzog, C., & Kliegel, M. (2012). Potentials and limits of plasticity induced by working memory training in old-old age. *Gerontology, 58*(1), 79–87.

Positivity effects in working memory: The effects of emotional valence and task relevance

DING Linjie[1], LI Xu[1], YIN Shufei[2]

([1] *School of Psychology, Central China Normal University, Wuhan* 430079, *China*)

([2] *Department of Psychology, Faculty of Education, Hubei University, Wuhan* 430062, *China*)

Abstract: Age-related positivity effect refers to the phenomenon that older adults display a preference for positive rather than negative information in cognitive processing. Recent researches in working memory (WM) have found the effect of the interaction between emotional valance and task-relevance on positivity effect. Positivity effect has been observed in WM studies with emotional valence acting as a kind of task-relevant information. For instance, older people have enhanced performance in WM tasks with positive emotional stimuli, and decreased performance on negative emotional stimuli. In contrast, less attention has focused on the area of emotional valence as task-irrelevant information in WM and conflicting findings also have been reported. These remind that both emotional valence and task relevance are critical components in the processing of positivity effect in WM. Preliminary neuroimaging studies have revealed that the associations between age-related functional changes in the dorsal executive system and ventral affective system and the age effect in emotional process of WM. The socioemotional selectivity theory and the dual-competition model have been found to mainly account for age-related positivity effect in WM. But there is a lack of empirical evidence to support the dynamic integration theory. Overall, future studies are warranted in exploring the characteristics of emotional processing in different stages of WM in older adults, clarifying the potential influences of internal encoding processes of emotional materials on the mechanism of positivity effect, uncovering the important neural circuits related to the impact of task-relevance of emotion on positivity effect, as well as revealing the underlying mechanisms and potential benefits of emotional WM training on the improvement of cognitive functions and emotional experience in the elderly.

Key words: working memory, positivity effect, task-relevant, task-irrelevant, emotional valence